第29卷 第3期　　昆虫学报　　Vol. 29, No. 3
1986年8月　　ACTA ENTOMOLOGICA SINICA　　Aug., 1986

# 林木营养与虫害
## ——油松施氮肥的抗虫效应*

周章义　苏西林　　　张佐双
(北京林业大学)　　　(北京植物园)

**摘要**　本文探讨了油松施氮肥后的抗虫效应。1981—1983年试验油松每年以两种方法施尿素5次。根施尿素每次用量为0.1和0.2公斤/株或采用重量比是1:200的尿素溶液进行叶面喷雾。实验结果如下:(1)枯梢率低于对照树;(2)松大蚜、松梢螟和红蜘蛛的虫口数量减少;(3)树皮和树叶中的总氮量、粗纤维素、粗灰分含量增加,而可溶性糖含量下降。经统计分析,上述结果和对照树相比有显著差异。结果表明,施氮肥不仅会增强树势,还会增强树的抗虫性而减轻虫害。我们认为,其主要作用机理是树木营养成分的明显改变影响了昆虫的生长发育和繁殖。

**关键词**　抗虫性　油松　松大蚜　松梢螟　红蜘蛛

施肥不仅能增强树势，提高生产量，还能减轻虫害。如林木施肥后，能减少松大叶蜂 *Diprion pini* 的雌虫数，提高红头松叶蜂 *Neodiprion lecontei*、松尺蛾 *Bupalus piniarius*、松针毒蛾 *Lymantria monacha*、舞毒蛾 *Lymantria dispar*、松夜蛾 *Panolis flammea* 以及各种球蚜等幼虫的死亡率（北京林学院主编，1979）。麦二叉蚜明显嗜好缺氮素营养的植株,我国新疆农民有"多施硝不起腻"的经验(朱象三等，1979)。

我们从1981年开始,对油松施肥树的抗虫效应进行了初步研究,结果表明,施氮肥对刺吸类、松梢螟等害虫有明显抑制作用。其主要作用机制，是施肥树糖含量显著降低,粗纤维、粗灰分等杂质相应增加,从而不利于害虫的发育和繁殖。

### 一、油松施肥树的抗虫效应

**1.** 施肥树调查

北京三里河油松行道树，1978年前,年年冬季干梢,针叶发黄。1978年至1980年,每年7、8月用200倍尿素叶面追肥，1978年6次，1979年4次，1980年5次。从此树势强壮，冬季不再干梢，同时发现施肥树虫害减少。1981年4月,我们对施肥树及其附近树龄、立地条件相同的未施肥树进行对比调查。分别调查30株树，在每株树的四个方位的下层主枝上,各抽一年生小枝1枝,统计松大蚜 *Cinara* sp. 数、油松球蚜 *Pineus* sp. 卵堆数,然后从枝梢顶部取10根针叶统计红蜘蛛数(表1)。

**2.** 施肥试验

卧佛寺油松行道树,树龄35年左右,每年松大蚜发生严重,常喷农药。1981年选虫害发生严重树进行施肥试验。共分四个处理组：每株根施尿素2斤、1斤及200倍尿素叶

本文于1984年4月收到。
* 蒙张执中、王沙生等副教授审阅文稿;北京市园林局绿化队曾德心、北京林学院森保77、78届学生李安平、陈方、江玉师、漆云庆参加了部分工作。特此一并致谢。

面喷雾，以清水根灌为对照。每处理 5 株树。1981 年 8、9 月共施肥 5 次，1982 年 3 月底至 5 月底共施肥 5 次，1983 年 3 月下旬 1 次。

松大蚜每年高峰期进行调查，方法同前。

松梢螟 *Dioryctria splendidella* 调查整株树的枯梢数。1982 年 5 月调查后，将全部枯梢剪除，1983 年 9 月再次调查。

**试验结果**

**1.** 施肥树对一些刺吸类害虫有明显的抑制作用（见表 1）。

**表 1 油松施肥树抗虫效应比较** （北京三里河）

| 害虫种类 | 处 理 | 调查枝数 | 总虫数 | 平均值（头/枝） | u 检 验 |
|---|---|---|---|---|---|
| 松大蚜 | 200 倍尿素 | 120 | 0 | 0 | 3.28** |
| | 对照 | 120 | 71 | 0.59 | |
| 油松球蚜（卵堆） | 200 倍尿素 | 120 | 236 | 1.97 | 2.17** |
| | 对照 | 120 | 346 | 2.88 | |
| 红蜘蛛 | 200 倍尿素 | 120 | 252 | 2.10 | 12.94** |
| | 对照 | 120 | 1117 | 9.31 | |

注：**表示 $P<0.01$，*表示 $P<0.05$，无*者表示差异不显著，以后相同。

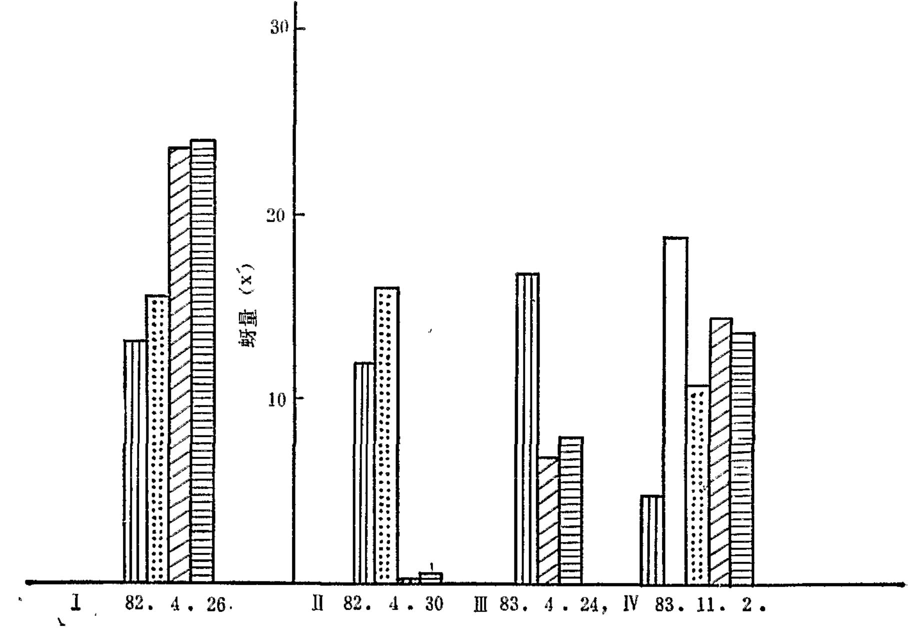



图 1 施肥、喷药与蚜虫的变化

根施尿素 2 斤　根施尿素 1 斤　20 倍尿素喷雾

对照树　间隔树

I. 喷氧化乐果前　II. 尿素喷雾树　III. 对照树　IV. 喷氧化乐果后

**表 2　松梢螟枯梢数调查**

（北京卧佛寺）

| 株号 \ 处理 / 调查时间 | 根施尿素 2 斤 | | 根施尿素 1 斤 | | 200 倍尿素喷雾 | | 清水根灌 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 82.5 | 83.9 | 82.5 | 83.9 | 82.5 | 83.9 | 82.5 | 83.9 |
| 1 | 1 | 4 | 12 | 5 | 12 | 8 | 16 | 15 |
| 2 | 1 | 11 | 1 | 12 | 5 | 12 | 22 | 11 |
| 3 | 7 | 5 | 7 | 6 | 14 | 9 | 11 | 14 |
| 4 | 15 | 2 | 10 | 4 | 8 | 7 | 10 | 17 |
| 5 | 4 | 11 | 12 | 7 | 8 | 12 | 18 | 16 |
| 平均枯梢数 | 5.6 | 6.6 | 8.4 | 6.8 | 9.4 | 9.6 | 15.4 | 14.6 |
| $t$ 检验 | 2.863* | 3.766** | 2.305 | 4.503** | 2.188 | 3.434** | | |

理论值：自由度 8　$t_{0.05} = 2.306$　$t_{0.01} = 3.355$

**表 3　施肥、喷药与蚜量的变化**

| 调查时间（年.月.日） | 调查枝数 | 根施 2 斤尿素 | | | 根施 1 斤尿素 | | | 200 倍尿素喷雾 | | | 清水根灌对照 | | | 间隔树 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 蚜总量 | $x'$ | 方差分析（比对照） | 蚜总量 | $x'$ | 方差分析（比对照） | 蚜总量 | $x'$ | 方差分析（比对照） | 蚜总量 | $x'$ | 方差分析 | 蚜总量 | $x'$ |
| 1981.11.23 | 60 | 8 | 2.1 | 高度显著 | 17 | 3.96 | 高度显著 | 59 | 14.18 | 显著 | 94 | 19.46 | | | |
| 1982.4.26 | 20 | 110 | 13.07 | 高度显著 | 184 | 15.66 | 高度显著 | 684 | 23.65 | 不显著 | 471 | 23.95 | | | |
| 1982.4.27 | 未　　喷　　药 | | | | | | | 喷　氧　化　乐　果 | | | | | | 未 喷 药 | |
| 1982.4.30 | 20 | 138 | 11.86 | （比间隔） | 268 | 16.00 | （比间隔） | 1 | 0.30 | （比间隔） | 2 | 0.60 | （比间隔） | | |
| 1983.4.24 | 20 | 159 | 16.85 | | 0 | 0 | | 40 | 6.87 | | 71 | 7.99 | | | |
| 1983.11.2 | 20 | 21 | 5.16 | 高度显著 | 93 | 11.7 | 高度显著 | 108 | 14.41 | 高度显著 | 106 | 13.73 | 高度显著 | 172 | 19.16 |

注：1. 松大蚜为负二项分布（张执中等，1982），用 $x' = \log(x+1)$ 代换蚜总量。
2. 间隔树为 2 株，位于根施 1 斤、2 斤尿素处理树之间。

**2.** 施肥树对松梢螟抗性逐年明显（见表 2）。

**3.** 施肥树抗虫性优于喷药

1981 年 8、9 月施肥后，当年对松大蚜就有明显的抑制作用。1982 年春松大蚜高峰期施肥，除 200 倍尿素喷雾的效果不显著外，根施尿素的效果均高度显著（表 3）。

由于防治不慎，1982 年 4 月 27 日将尿素喷雾与对照树喷了氧化乐果，受药树虫口骤然下降（见图 1），但在次年春季蚜虫高峰期，受药树虫口又显著上升，秋季高峰期，受药树虫口虽比未打药的间隔树（位于两根施处理之间）要低，但都超过了根施处理树，特别是与根施 2 斤尿素树相比，差异高度显著。

结果表明：喷药只能短时期地压低虫口，不久又恢复到相当严重的程度，必须再度喷药。

## 二、油松施肥树的抗虫机制

本文侧重研究：松大蚜量变与树皮可溶性糖含量的关系；施肥与可溶性糖含量、松大蚜量变的关系。

**1.** 松大蚜周期发生调查　定点卧佛寺后山油松林，于 1981 年 3—11 月，每周查一次虫情，每次棋盘式抽查 30 株树。

**2.** 树木生理指标测定　分别在 3、6、9、11 月采样，每次棋盘式抽 10 株树，每树在南向下层主枝上剪 3 枝一年生枝，迅速除去针叶，剥下树皮，每皮再剪 3 段，分别放入三个密封小瓶内，进行含水量测定。再如法采样，进行可溶性糖、pH 值的测定。

**3.** 蚜卵接种试验 1982 年春，在不同施肥处理树上选标准枝，接种蚜卵 150 粒，观察施肥期间的蚜量变化。

**4.** 尿素内吸毒理试验　设 3 个处理：50 倍尿素液、100 倍尿素液、清水对照。每处理 3 瓶（重复），每瓶从树上剪一有虫枝插上。处理 2 小时后查一次活虫数，以后每日查一次活虫数，期中各瓶换一次新液。

表 4　松大蚜与油松树皮糖、水、pH 值的关系

| 样树地点 | 采样时间 | 百枝蚜量 (log) | 可溶性糖 (毫克/克干重) | 含水量(%) | 糖水比(%) | pH |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 周期发生关系 | | | | | | |
| 卧佛寺后山 | 81.3.16 | 3.3 | 129.7 | 52.6 | 24.7 | 5.36 |
| | 81.6.1 | 0.3 | 121.1 | 54.5 | 22.2 | 4.82 |
| | 81.9.28 | 0.9 | 134.6 | 47.0 | 28.6 | 4.83 |
| | 81.11.15 | 1.6 | 154.7 | 44.0 | 35.2 | 5.28 |
| 不同立地条件关系 | | | | | | |
| 后山 | 81.6.1 | 0.3 | 121.1 | 54.5 | 22.2 | 4.82 |
| 山下 | 81.6.1 | 3.2 | 149.7 | 47.1 | 31.8 | 4.85 |

## 试验结果

### 1. 松大蚜与树皮含水、含糖量的关系

由表 4 可知，松大蚜无论是周期发生或在不同立地条件下的数量变化，都与树皮内可溶性糖含量有密切关系。

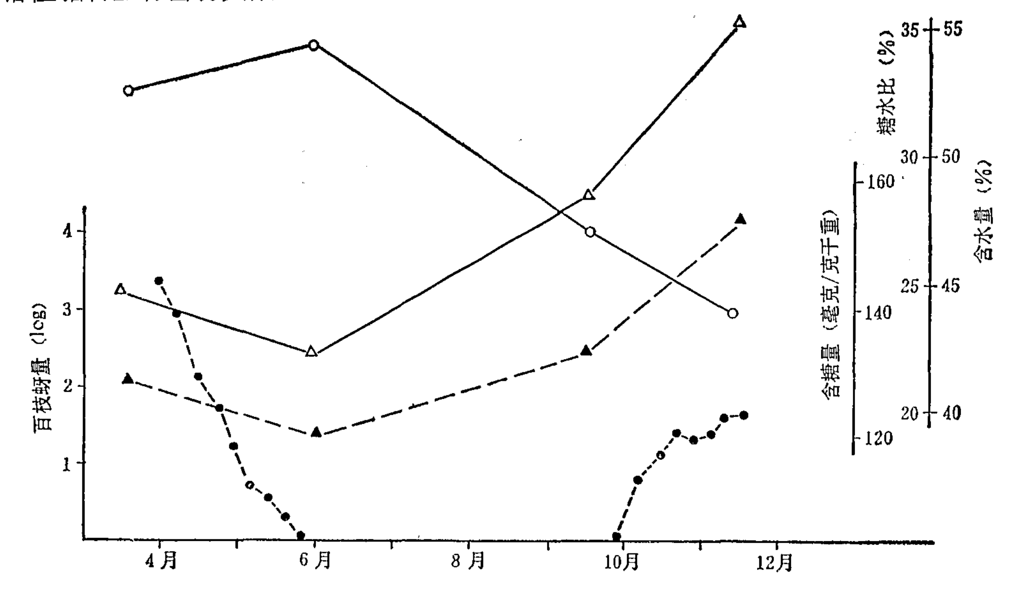



图 2　松大蚜周期发生与树皮内糖浓度的关系

○—○含水量　△—△糖水比　▲---▲可溶性糖　●---●百枝蚜量

如图 2 所示，松大蚜每年春、秋出现两次高峰期。高峰期树皮内可溶性糖含量高，含水量低，糖水比高，树液糖浓度增大。特别是秋季，高浓度的树液，有利低峰后成虫的营养与复壮，产受精卵越冬，因而翌年春形成更高的高峰。

### 2. 施肥与含氮量、含糖量、杂质、松大蚜量的关系

Halvorson 等（1979）报道，随着施氮肥量的增加，甜菜含糖量和糖纯度相应下降，钠、钾等杂质增多，这些杂质使糖产品质量变差，数量减少，也使加工较为困难。

**表 5　施肥与油松树皮氮、糖、pH 值的关系**

| 样树地点 | 采样时间 | 处　理 | 全氮量 | | 可溶性糖 | | pH |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 含量(mg/g 干重) | 比对照增长率(%) | 含量(mg/g 干重) | 比对照增长率(%) | |
| 三里河 | 81.4.20 | 200 倍尿素喷雾 | — | — | 117.6 | −10.4 | 5.58 |
| | | 对照 | | | 131.2 | | 5.43 |
| 卧佛寺 | 82.5.17 | 根施 2 斤尿素 | 7.72 | 25.9 | 86.2 | −16.2 | — |
| | | 对照 | 6.13 | | 102.9 | | — |

我们的研究重复了上述结果。如表 5—6 所示：随施氮肥量的增加，油松树皮与针叶

表 6 施肥与油松树叶氮、纤维素、灰分的关系

| 处理 | 全氮量 | | 粗纤维 | | 粗灰分 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 含量 (mg/g 干重) | 比对照增长率 (%) | 含量 (mg/g 干重) | 比对照增长率 (%) | 含量 (mg/g 干重) | 比对照增长率 (%) |
| 根施2斤尿素 | 16.4 | 41.4 | 337.8 | 13.7 | 39.3 | 32.8 |
| 根施1斤尿素 | 14.3 | 23.3 | 301.9 | 1.6 | 33.7 | 13.9 |
| 清水根灌 | 11.6 | | 297.0 | | 29.6 | |

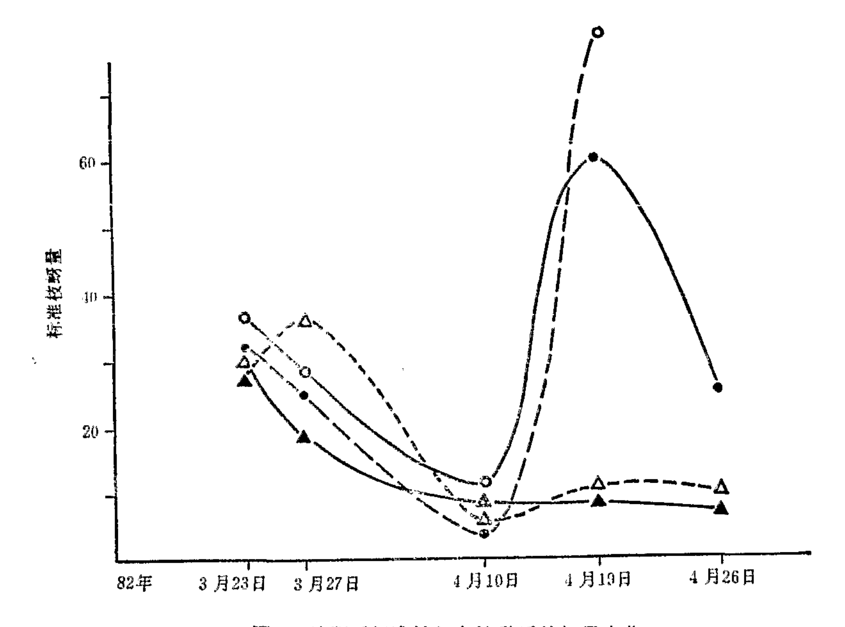



图 3 施肥后标准枝蚜卵接种后的蚜量变化

△—△根施尿素2斤 ●——● 200倍尿素喷雾 ▲—▲根施尿素1斤 ○—○根灌清水对照

的含氮量相应增加,但树皮可溶性糖含量相应下降,针叶的粗纤维、粗灰分等杂质相应增多。

结果表明: 施肥树松大蚜量的减少,与可溶性糖的质与量的下降有密切关系。

图3所示: 接种的标准枝在施肥期间,4月10日前各处理组蚜量变化一致,10日后,对照组与尿素喷雾组蚜量剧增,根施尿素的两组,微有浮起,但蚜量很低,仍有下降趋势。同时还发现,10日前,以成蚜为主,10日后,若蚜量大增,至19日,若蚜最低量达82%,高达94.8%。

结果表明: (1) 施肥对成蚜数量影响较小,但对其繁殖力影响较大,明显压低了子代数量。其作用机制与秋季高浓度树液有利成蚜繁殖相一致;(2) 在200倍尿素喷雾期间,子代蚜量明显上升,说明尿素对松大蚜无触杀毒理作用。尿素内吸毒理试验,50倍、100倍尿素液与清水对照的差异不显著(见表7),说明尿素对松大蚜无内吸毒害作用。

表 7　尿素内吸毒理试验　　(81.5.25)

| 处理 | 重复 | 处理虫数 | 处理后活虫数 | | | | 74 小时 | | | t 检验 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 2 小时 | 26 小时 | 50 小时 | 74 小时 | 减退数 | 减退率 | 平均减退率 | |
| 50 倍尿素液 | 1 | 22 | 21 | 20 | 18 | 18 | 4 | 18.2 | 51.3 | 1.018 |
| | 2 | 18 | 19 | 17 | 11 | 8 | 10 | 55.6 | | |
| | 3 | 50 | 50 | 32 | 18 | 10 | 40 | 80.0 | | |
| 100 倍尿素液 | 1 | 48 | 47 | 46 | 47 | 42 | 6 | 12.5 | 33.0 | 0.153 |
| | 2 | 27 | 26 | 23 | 16 | 11 | 16 | 59.3 | | |
| | 3 | 11 | 11 | 13 | 11 | 8 | 3 | 27.3 | | |
| 清水对照 | 1 | 35 | 35 | 35 | 28 | 27 | 8 | 22.9 | 30.4 | |
| | 2 | 12 | 12 | 13 | 6 | 6 | 6 | 50.0 | | |
| | 3 | 33 | 33 | 33 | 27 | 27 | 6 | 18.2 | | |

理论值：自由度 4　$t_{0.05} = 2.776$

**3.** 松大蚜数量变动与 pH 值无明显的规律性（见表 4—5）。

## 讨论与建议

**1.** 关于施肥的抗虫机理，植物生理学（北京林学院主编，1979）介绍了两种不同的观点：Schwenke 认为肥料对减轻虫害的效应是由于降低了叶子的含糖量；Merker 认为叶中糖和氮化物的变动不能说明昆虫的死亡，他提出肥料元素直接结合入昆虫组织内造成致死或有害效应的假说。

我们的研究证明，尿素对松大蚜无触杀、内吸毒理作用。是否有慢性中毒？需进一步研究。但是，从施肥后松大蚜与树木生理的系列变化关系，同未施肥的两者自然变化关系相一致来看，说明它们之间有内在联系。由此推论：施肥对松大蚜的作用机制不是毒理，而是生理。

**2.** 邹钟琳（1979）曾引用了 Evans（1935）的资料，说明甘蓝蚜 *Brevicoryne brassicae* 生长在具有丰富蛋白质的食物上，产生的后代显著增多。引用了 Davidson（1921）的资料，说明施肥可以使一种长荚豆上的蚜虫繁殖量增加。这些资料说明，不同种昆虫，对于糖、蛋白质的比例要求不一样，因而对施肥的反应也不一样。但是，昆虫对蛋白质的要求，实质是在质和量方面要求一定的氨基酸。特别是游离氨基酸，对刺吸类昆虫更为突出。如作者（周章义等，1981）的研究表明，油杉刺圆盾蚧 *Metaspidiotus yunnanensis* 的猖獗，与油杉叶中可溶性糖、游离氨基酸的关系密切，与油杉叶蛋白质无明显的规律性。

施氮肥后，引起那些游离氨基酸的变化，从而对松大蚜的繁殖力产生了影响？有待研究。

**3.** 油松施氮肥后，树木内碳氮比、粗纤维、粗灰分等生理指标，发生了一系列不利害虫营养的变化。因此施肥树除了对刺吸类害虫有一定的抗性外，对某些食叶害虫也会有一定的抑制作用。

**4.** 科学的施肥，不污染环境，不伤害天敌，有利天敌的保护与利用，是害虫综合管理的重要措施。但是，在园林管理中，大面积的施大量肥料是难办到的。我们其它的研究表明，间种绿肥，混交豆科的乔、灌木，对肥沃土壤，增强树势与抗虫能力又比纯施化肥为强。

因此在城市园林中，在天安门等一些重要场所，可以选一些形美花香的绿肥或豆科的灌木，间种在油松根盘的空地上，它既增加了城市绿化面积，美化环境，同时又改善了油松的立地条件，增强树势与抗病虫能力。

## 参 考 文 献

北京林学院主编 1979 植物生理学。农业出版社 295—300 页。
朱象三等 1979 麦蚜的综合防治。中国科学院动物所主编 "中国主要害虫综合防治"。科学出版社，320—36 页。
邹钟琳编著 1979 昆虫生态学。上海科学技术出版社。131—4 页。
张执中等 1982 松大蚜 Cinara sp. 数量变动的初步探讨。北京林学院学报 **9** (3): 68—79。
周章义等 1981 大气氟污染与油杉刺圆盾蚧的发生。生态学报 **1**(3): 245—51。
Halvorson, A. D. and G. H. Hartman. 1979. Watch harvesting, nitrogen for best sugarbeets. Crops and Soils Magazine. January: 10—11.

# RELATIONSHIP BETWEEN TREE NUTRITION AND INSECT PESTS: THE EFFECT ON RESISTANCE TO INSECTS AFTER NITROGEN FERTILIZER APPLICATION TO *PINUS TABULAEFORMIS*

ZHOU ZHANG-YI SU XI-LIN
(*Beijing Forestry University*)

ZHANG ZUO-SHANG
(*Beijing Botanical Garden*)

This paper deals with the effect on resistance to insect pests after nitrogen fertilizer was applied to *Pinus tabulaeformis*. From 1981 to 1983 urea was used five times per year by two methods: soil application at the rate of 0.1 and 0.2 kg/per tree each time or spray on foliage (urea: water=1:200 W/W). The results are summarized as follows: (a) The dieback rate of branches and twigs was lower than that of control trees. (b) The amounts of *Cinara* sp., *Dioryctria splendidella* and *Oligonychus berless* in treated trees reduced. (c) The concentration of total nitrogen, crude cellulose and crude ash content in foliage and bark increased, but the concentration of soluble sugars decreased. The statistical analysis indicated that all above mentioned results had significant difference in comparasion with control trees. The results showed that the application of nitrogen fertilizer not only improved growth and development of the trees, but also improved the resistance of trees to the insect pests. The main reason for this was the great changes in nutrient composition of the trees, which affected the development and reproduction of the pests.

**Key words** *Insect resistance*——*Pinus tabulaeformis*——*Cinara* sp.——*Dioryctria splendidella*——*Oligonychus berless*